



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap

Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

# **Jämförelse mellan röntgen och datortomografi för mittsagittala mått på hästens halskotor**

## **Går två dimensioner att applicera på tre?**

*Carl Johan Grevby*

*Uppsala  
2017*

*Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet*

*ISSN 1652-8697  
Examensarbete 2017:73*



# Jämförelse mellan röntgen och datortomografi för mittsagittala mått på hästens halskotor Går två dimensioner att applicera på tre?

Comparison of x-ray and computed tomography for median  
measurements on equine cervical vertebrae  
Can two dimensions be applied on the third?

*Carl Johan Grevby*

**Handledare:** Anna Bergh, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Biträdande handledare:** Kerstin Hansson, institutionen för kliniska vetenskaper

**Examinator:** Karin Holm Forsström, Universitetsdjursjukhuset

*Examensarbete i veterinärmedicin*

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurskod:** EX0754

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2017

**Delnummer i serie:** Examensarbete 2017:73

**ISSN:** 1652-8697

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** anatomi, röntgen, cervical vertebral stenosis, veterinär, datortomografi (DT)

**Key words:** anatomy, X-ray, cervical vertebral stenosis, veterinarian, computed tomography (CT)

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi



## **SAMMANFATTNING**

Radiologiska undersökningar av hästens hals utförs ofta som en del i undersökning av hästar med neurologiska symptom när man misstänker en kompression av ryggmärgen. Detta har länge varit svårt då mängden vävnad runt kaudala delen av hästens hals begränsar både konventionell röntgen och mer avancerade undersökningar så som datortomografi (DT). Med konventionell röntgen finns utarbetade metoder för att bedöma risken för att en stenosis föreligger genom att beräkna en kvot (minimum sagittal diameter ratio, MSR), mellan kotkanalens minsta diameter i sagittalsnittet över den kraniala epifysens största diameter i samma snitt, och sedan jämföra denna mot ett förbestämt gränsvärde. Metoden är dock trubbig med flera falska positiva och negativa fall.

I takt med att datortomografer blivit större och mer avancerade så har det öppnat upp för undersökningar av hästens hals ner till en nivå av T1 även på individer som väger mer än 700 kg. Tekniken ger, jämfört med konventionell röntgen, en tredimensionell undersökning som kan bearbetas snitt för snitt där summationer minimeras samt ett bättre kontrastförhållande erhålls. Därför är det av värde att validera metoden med MSR även på DT för att möjliggöra fortsatt forskning.

Denna studie jämför en mätmetod, MSR, mellan två olika bilddiagnostiska tekniker, röntgen och datortomografi. Den frågeställning som skulle besvaras var om mätmetoden ger samma resultat utförd med de två olika bilddiagnostiska teknikerna. Resultatet från studien pekar mot att de två teknikerna ger ett likvärdigt resultat men vidare studier behövs på ett större underlag.

## SUMMARY

Radiological examinations of the equine neck are routinely performed when the patient presents with neurological symptoms and the underlying cause is suspected to be compression of the spinal cord. This has long presented itself with challenges, in part because of the large amount of tissue surrounding the caudal part of the patients' neck, which limits both conventional X-ray and the more advanced diagnostic methods e.g. computed tomography. With conventional X-ray, methods for assessing the risk of an underlying stenosis of the vertebral canal have been established. The minimum sagittal diameter ratio (MSR) is a quotient of the minimum sagittal diameter over the largest sagittal diameter of the cranial epiphysis. The quotient in turn is compared with a predefined threshold value. This method does have its limitations however with false positives and negatives.

The technology behind computed tomography continues to improve and bigger and better machines now allow for equine patients as heavy as 700 kg to be examined down to a level of T1. Compared to conventional X-ray the technology allows for a three-dimensional reconstruction of the area being examined and additionally it minimizes tissue summation and has superior contrast ratios. Therefore, it is of great value to validate the MSR-method for use with computed tomography.

This study compares one method of measurement, MSR, over two different imaging methods, X-ray and computed tomography. The question at issue was if the two imaging methods would give the same result when calculating MSR. The results of the study show that the imaging methods give a similar result but further studies with bigger sample sizes are required.

## INNEHÅLL

INLEDNING.....	1
Syfte och frågeställningar .....	1
Litteraturoversikt.....	2
Anatomi .....	2
Patofysiologi .....	5
Diagnostik.....	6
Material och metoder .....	10
Delstudie ett.....	11
Delstudie två - Bildmaterial från patienthästar.....	12
Resultat.....	14
Delstudie ett .....	14
Delstudie två.....	15
Diskussion.....	18
Konklusion .....	21
Referenser .....	22

## FÖRKORTNINGAR

C1-7	Halskota nummer 1-7
CVSM	Cervikal vertebral stenotisk myelopati
DT	Datortomografi
MSD	Minsta sagittala diameter
MSR	Minsta sagittala diameter ratio
MRT	Magnetresonanstomografi
T1	Thorakalkota 1

## **INLEDNING**

Radiologiska undersökningar av hästens hals utförs ofta som en del i undersökning av hästar med neurologiska symptom såsom ataxi, när misstanken är kompression av nervvävnad lokaliserad till halskotpelaren. Utöver detta så kan en radiologisk undersökning av halsen vara motiverad om hästen har en frambenshåltä, stel nacke, "head-shaking" eller har varit utsatt för trauma.

Att utvärdera hästens hals radiologiskt har länge varit svårt av flera anledningar. Framför allt är det halsens omfång vid den kaudala delen som blir ett hinder både vid konventionell röntgen och mer avancerade bilddiagnostiska metoder som till exempel datortomografi (DT). Nuvarande tekniker för att utvärdera orsaken till en hästs ataxi är, förutom en fördjupad neurologisk undersökning, att göra en röntgenundersökning av halskotpelaren. Röntgen ger en grov tvådimensionell upplysning om det föreligger risk för förträngning av kotkanalen. För att bedöma kotkanalens diameter, och således risk för förträngning och nervkompression, används en kvot baserad på två olika mått på kotan. Detta kan dock vara ett trubbigt mått, då hästar med minskad diameter inte behöver ha problem och hästar med normal diameter kan ha symptom. Dessutom har anatomiska studier, där halskotor har kokats rena, visat att kotkanalen inte nödvändigtvis har en symmetrisk oval utformning utan kan variera i axialplanet på sätt som inte syns på röntgenbilderna. Då röntgen endast ger en grov uppskattning av kotkanalens utseende och inte kan påvisa om en eventuell kompression är orsakad av mjukdelar kan man utföra en myelografi vid vilken ett vattenlösligt jodkontrastmedel injiceras in i subarachnoidalrummet. På så sätt kan ryggmärgens konturer åskådliggöras.

Datortomografiteknik öppnar upp för en utökad undersökning av halskotpelaren och därmed också en bättre diagnostik. Då detta är en relativt ny teknik på häst så finns det, till författarens kännedom, ingen etablerad metod för att bedöma kotkanalens utseende som motsvarar den som görs på röntgenbilder. Det finns inte heller några publicerade studier där kotkanalens normalvariation kartlagts med hjälp av datortomografi och därför är det både ett relevant och intressant område att undersöka och utforska.

## **Syfte och frågeställningar**

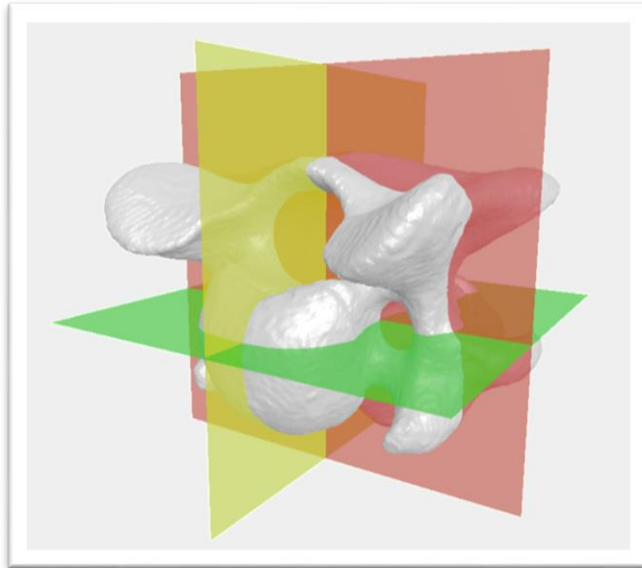
Denna studie är en metodstudie där det övergripande syftet är att beskriva möjligheterna att bedöma kotkanalens utseende på hästens halskotor. Detta gjordes genom att jämföra en mätmetod med två olika bilddiagnostiska tekniker, röntgen och DT. Den frågeställning som skulle besvaras var om mätmetoden ger samma resultat utförd med de två olika bilddiagnostiska teknikerna. Ytterligare en frågeställning var om det fanns andra sätt att åskådliggöra kotkanalens utseende och utföra mätningar på densamma.



## LITTERATURÖVERSIKT

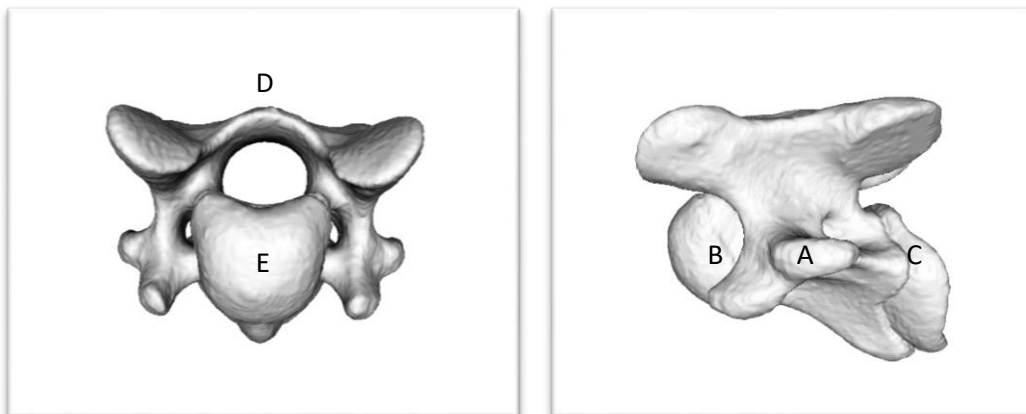
### Anatomi

Kotpelaren sträcker sig från kraniet till svansspetsen (Dyce *et al.*, 2009). Den består av flertalet individuella ben som sammanlänkas via leder, med omgivande ligament, synoviala strukturer, senor och muskler. Detta ger kotpelaren en rörlighet samtidigt som den tillhandahåller axial stabilitet (se figur 1).



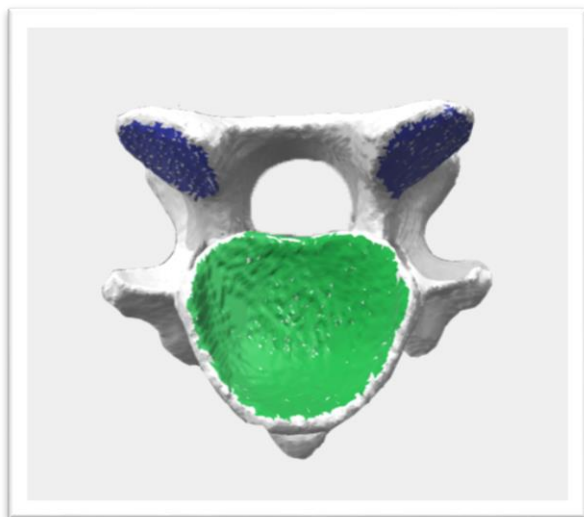
Figur 1. Anatomiska plan; Röd – Axial, Gul – Sagittal, Grön – Koronal.

Den typiska kotan består av en kotkropp med en kotbåge dorsalt (se figur 2). Dessa två delar bildar den kanal där ryggmärgen löper. Kotkroppen i sig är cylindrisk, men bredare i koronalplanet vilket ger den en lätt oval karaktär. Den dorsala begränsningen av kotkroppen, där ryggmärgen löper, är plattare än ventralsidan. Kotbågen består av två stycken utskott som sträcker sig från kotkroppen för att sedan förenas i en båge. Kotbågens bas har insänkningar där kotkropparna ledar mot varandra, vilket bildar ett hålrum, foramen intervertebrale, där kärl och nerver passerar in och ut ur kotkanalen.



Figur 2. C5, kranial respektive lateral vy. A – Processus transversus, B – Kraniala epifysen, C – Kaudala Epifysen, D – Kotbåge, E – Kotkropp

Varje kota har ett antal utskott som utgör viktiga fästen för muskler och ligament. De flesta kotor har ett tornutskott, processus spinosus, dorsalt på kotbågen och två tvärutskott, processus transversus och två ledutskott (se figur 3), processus articularis cranialis och processus articularis caudalis, lateralt på var sida. Lederna mellan utskotten på kotbågarna, facettlederna, är synovialleder. Rörelseomfånget i kotpelaren är störst i nacken där ledytorna är som störst och ligamenten längst i förhållande till leden. Angränsande kotor ledar också mot varandra via fogleder mellan kotkropparna. Dessa har var sin disk, discus intervertebralis, vilken är tunnare hos häst jämfört med exempelvis hund.



Figur 3. C5, kaudal vy. Synoviala ledytor (blå), fogledens ledyta (grön).

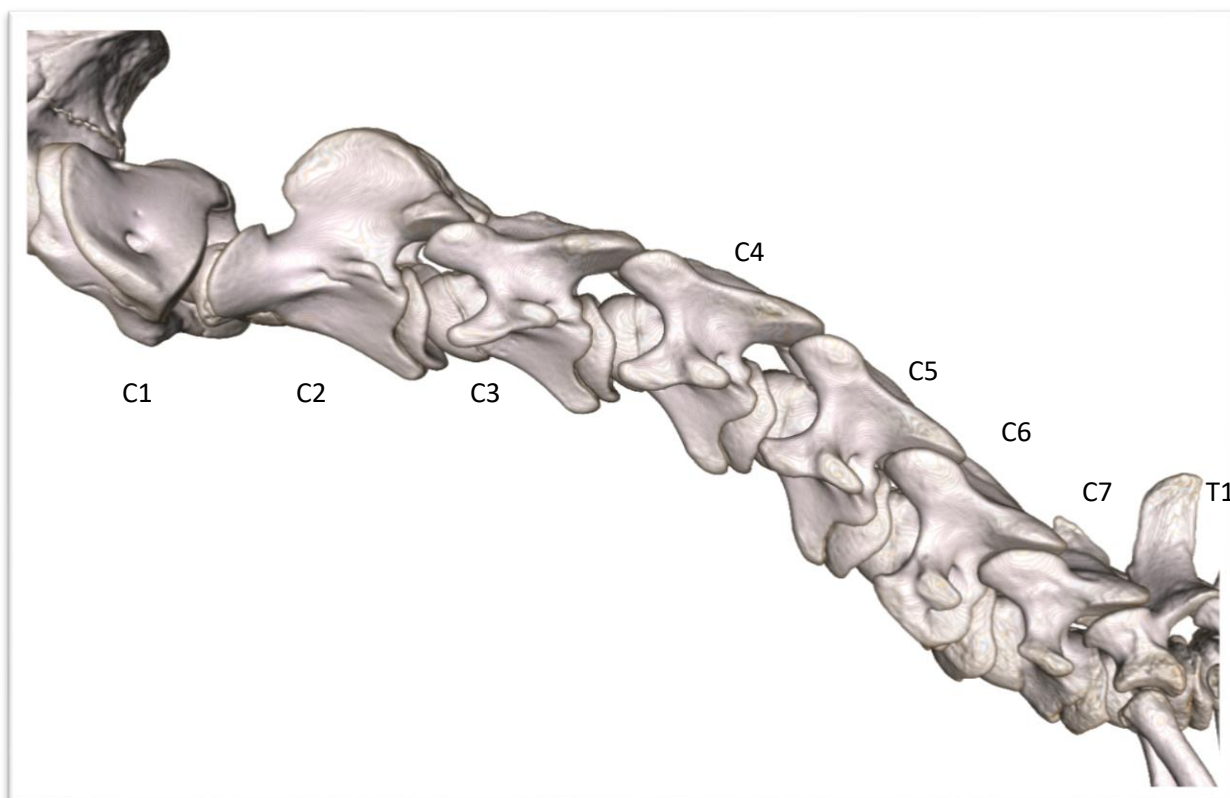
### **Halskotor**

Halskotorna är sju till antalet och de första två skiljer sig från resterande fem, vilket tillåter huvudets stora rörelseomfång.

Atlas (C1) särskiljer sig från övriga kotor då den saknar kotkropp. Istället består den av en dorsal och en ventral kotbåge. Dorsalt, kaudalt på den ventrala kotbågen finns en urgröpning i medianplanet, fovea dentis, mot vilken axis tandutskott ledar.

Axis (C2) är den längsta kotan. Den kännetecknas av att kotkroppen har ett kranialt riktat tandutskott, dens. Axis tornutskott är kamformat, stort och kraftigt. Hos häst är tornutskottets dorsala del svagt utdraget kaudalt.

De övriga halskotorna har ett sinsemellan relativt likartat utseende. Dock har den sjätte kotan större transversalutskott än övriga halskotor vilket används som riktmärke för att orientera sig på röntgenbilder (Thrall, 2013) och den sjunde och sista skiljer sig något från de övriga genom att den har ett utseende som delvis påminner om bröstkotorna. Kotkropparnas ledytor är konvexa kranialt och konkava kaudalt, vilket är särskilt uttalat hos häst. Halskotornas ledutskott är kraftiga och har stora ledytor, vilket ger god rörlighet mellan kotorna. Halskotornas tornutskott är relativt låga och detta gäller särskilt hos häst där endast C7 har ett tydligt tornutskott. Kaudalt på sista halskotans kotkropp finns en ledyta mot första revbenet.



Figur 4. Hästens halskotpelare samt första bröstkotan, C1-T1.

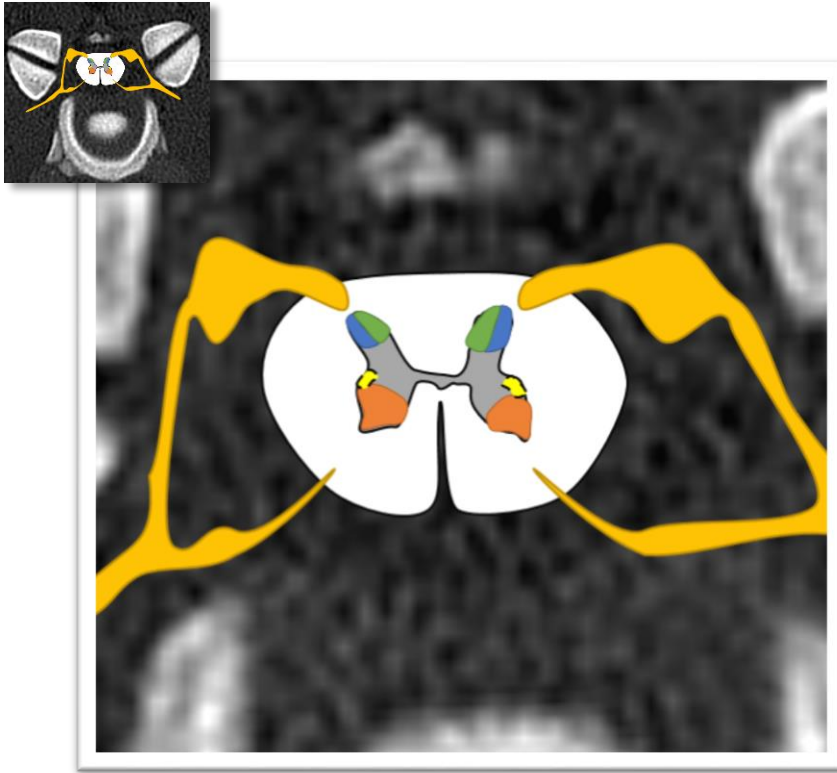
### **Ligament**

Nackens ligament spelar en viktig roll genom att stabilisera kotpelaren och skydda ryggmärgen (Scheven, 2010). De tre långa ligamenten, som löper longitudinellt längs med kotpelaren, är ligamentum nuchae samt de dorsala och ventrala longitudinella ligamenten, ligamentum longitudinalis dorsale et. ventrale. Ligamentum Nuchae utgår från occipitalbenet och fäster mot de kraniala bröstkotornas tornutskott. Det dorsala longitudinella ligamentet löper dorsalt över kotkropparna, i kotkanalen, och det ventrala löper ventralt längs med kotkroppen. De korta intervertebralligamenten; interspinalligamenten och intertransversalligamenten förbinder de utskott efter vilka de är uppkallade och ligamentum flavum, som förbinder kotbågarnas lamina med varandra, löper ventralt under facettlederna.

### **Ryggmärg**

Ryggmärgen är till största delen cylindrisk i sin utformning men är plattare dorsoventralt och varierar i tjocklek längs sin utsträckning (Dyce *et al.*, 2009). Den är som tjockast vid de platser där nerverna som innerverar fram- och bakben utgår, plexus brachialis med nerver som utgår från C6-T2 och plexus lumbalis med nerver som utgår från L2-L6 (Budras *et al.*, 2003), och vid den sista kaudala delen i ländkotorna, conus medullaris (Dyce *et al.*, 2009). Ryggmärgen delas in i segment, som motsvarar somiterna vid embryogenesen, där spinalnerverna utgår.

Ett tvärsnitt i axialplanet visar en central del med grå substans som har en liten central kanal som går genom den. Den gråa substansen har en H-liknande utformning och dessa beskrivs ofta som dess dorsala och ventrala horn, se figur 5.



Figur 5. Ryggmärgen färglagd. Vit – Vit substans, Grå – Grå Substans, Grön – Somatiska afferenta neuron, Blå – Viscerala afferenta neuron, Orange – Somatiska efferenta neuron, Gul – Viscerala efferenta neuron. De mörkgula strukturerna som sträcker sig in från sidorna representerar nervrötterna.

De dorsala hornen består av somatiska afferenta neuron dorsomedialt och visceral afferenta neuron dorsolateralt. De ventrala hornen består av somatiska efferenta neuron ventralt och, vid de thoracolumbala och sakrala områdena, en lateral del av visceral efferenta neuron.

Den vita substansen delas in i tre funiculi på varje sida. Den dorsala mellan ryggmärgens dorsala sulcus och den dorsala nervrotens utträde, den laterala mellan den dorsala och den ventrala nervroten samt den ventrala mellan den ventrala nervroten och den ventrala fissuren som avdelar ryggmärgens ventrala delar.

## Patofysiologi

Cervikal vertebral stenotisk myelopati (CVSM) är en sjukdom som kännetecknas av ataxi och pares och som orsakas av en stenosis i kotkanalen (de Lahunta & Glass, 2009), till exempel när en kotta är missbildad. Detta kan leda till att ryggmärgens vita substans komprimeras och tar skada. Bakdelsataxin är tydligare då nervbanorna till pelvis ligger ytligare i ryggmärgen än de till frambenen.

Stenosen i CVSM delas ofta in efter två olika kategorier (Nout & Reed, 2003). De med en statisk kompression av ryggmärgen respektive de med en dynamisk kompression. Den statiska kompressionen beror på att kotkanalens diameter är för liten för att rymma hela ryggmärgen och ryggmärgen är därför komprimerad oberoende av halsens läge. Statisk kompression sker oftast mellan C5-C6 och C6-C7 och ses oftast hos hästar mellan 1-4 år men även hos äldre hästar 5-10 år (Powers *et al.*, 1986; Nout & Reed, 2003). Hos hästar med dynamisk kompression sker förträngningen först när nacken rör sig, framför allt när den böjs. Den vanligaste platsen för dynamisk kompression är C3-C4 följt av C4-C5. Det drabbar framför allt hästar mellan 8-18 månader (Powers *et al.*, 1986; Nout & Reed, 2003). Vissa hästar har en kombination av statisk och dynamisk kompression vilket kan ses i form av att symptomen från den statiska kompressionen förvärras om nacken böjs (Nout & Reed, 2003).

Artropati i facettlederna har rapporterats som ett skäl till ataxi och pares då det sekundärt kan leda till ryggmärgskompression (Claridge *et al.*, 2010). Claridge *et al.* (2010) visade att den mediala delen av facettledens ledficka sträcker sig in i kotkanalen men att det är osannolikt att en förstoring av ledfickan i sig självt skulle orsaka ryggmärgskompression utan att det troligtvis sker i kombination med annan patologisk förändring. Detta är i linje med de resultat som presenterats av Down & Henson (2009) som visat att facettledernas storlek ökar med åldern men att detta inte nödvändigtvis innebär problem för individen.

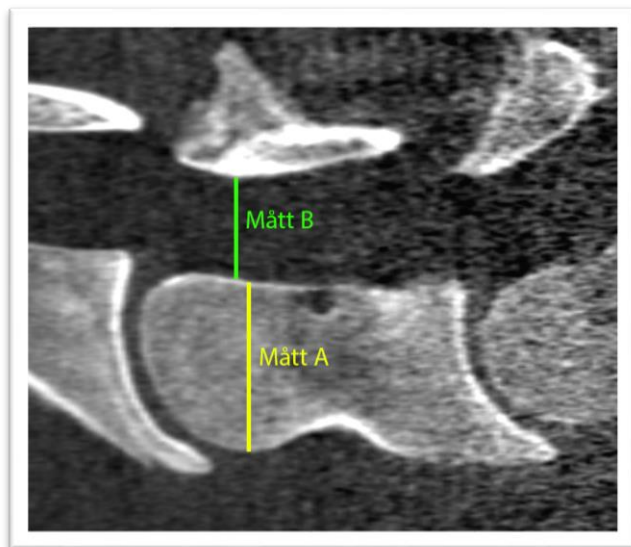
## **Diagnostik**

### **Röntgen**

Röntgen är en utbredd och kostnadseffektiv teknik som finns tillgänglig vid de flesta kliniker runt om i landet. Den genererar en tvådimensionell summation av all vävnad mellan röntgenrör och mottagarenheten vilken kan vara en konventionell röntgenfilm, digital bildplatta eller en digital detektor (Thrall, 2013). Denna summation kan sedan tolkas där skillnader i täthet ger tydliga kontraster, till exempel mellan ben och mjukdelar. Svårigheter uppstår när man ska skilja vävnader med liknande täthet från varandra och när mycket vävnad ska penetreras, t ex i kaudala delen av hästens hals. För att skapa en kontrast mellan de olika mjukdelarna i kotkanalen kan myelografi utföras, vilket innebär att ett vattenlösligt jodkontrastmedel, med en annan röntgentäthet än den vävnad som undersöks, deponeras i subarachnoidalrummet. Kontrasten kommer då att göra så att ryggmärgen kan särskiljas från det omgivande subarachnoidalrummet.

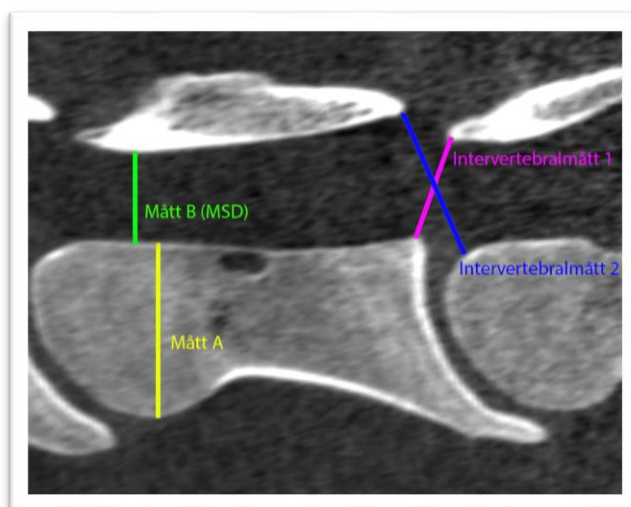
För att diagnosticera stenoser i halskotpelaren radiologiskt användes tidigare morfologiska förändringar i form av benpålagringar och felställningar mellan kotorna (Papageorges *et al.*, 1987). Det är dock en subjektiv metod som inte säger mycket om stenosrisken (Nout & Reed, 2003) eller var en eventuell stenos är lokaliserad, vilket är relevant vid till exempel en operation. Därför togs ett mått fram där kotkanalens diameter ställdes i förhållande till kotkroppens längd för att kompensera för förstoringseffekter och skillnader mellan olika djur vid röntgen (Mayhew *et al.*, 1993). Detta anpassades sedan efter en metod från humanmedicinen (Pavlov *et al.*, 1987), där kotkanalens minsta mått (Minimum Sagittal Diameter, MSD) ställs i förhållande till den

maximala tjockleken vid samma kotas kraniala epifys, se figur 6. Denna kvot benämns ”Minimum Sagittal Ratio” (MSR).



Figur 6. C7, Exempel på de mått som används för att beräkna minsta sagittala diameter, A; Kotkroppens kraniala epifys – Största diameter, B; Kotkanalens minsta diameter. Den ”minsta sagittala kvoten” (minimum sagittal ratio, MSR) får man genom att dividera Mått B med Mått A.

Hahn *et al.* (2008) gjorde en studie där de utvärderade det minsta måttet dels intravertebralt (i kotkanalen) och dels intervertebralt (mellan kotor, se figur 7), på 26 hästar som uppvisade kliniska symptom. De utvärderade en större del av halskotpelaren, C2-C7, jämfört med tidigare studier som endast utvärderat C4-C7. De visade att hästar med CVSM har en mindre MSR än friska hästar och föreslår ett gränsvärde, utifrån deras data, där hästar med en  $MSR \leq 0,485$  anses ha en större risk för stenosis.



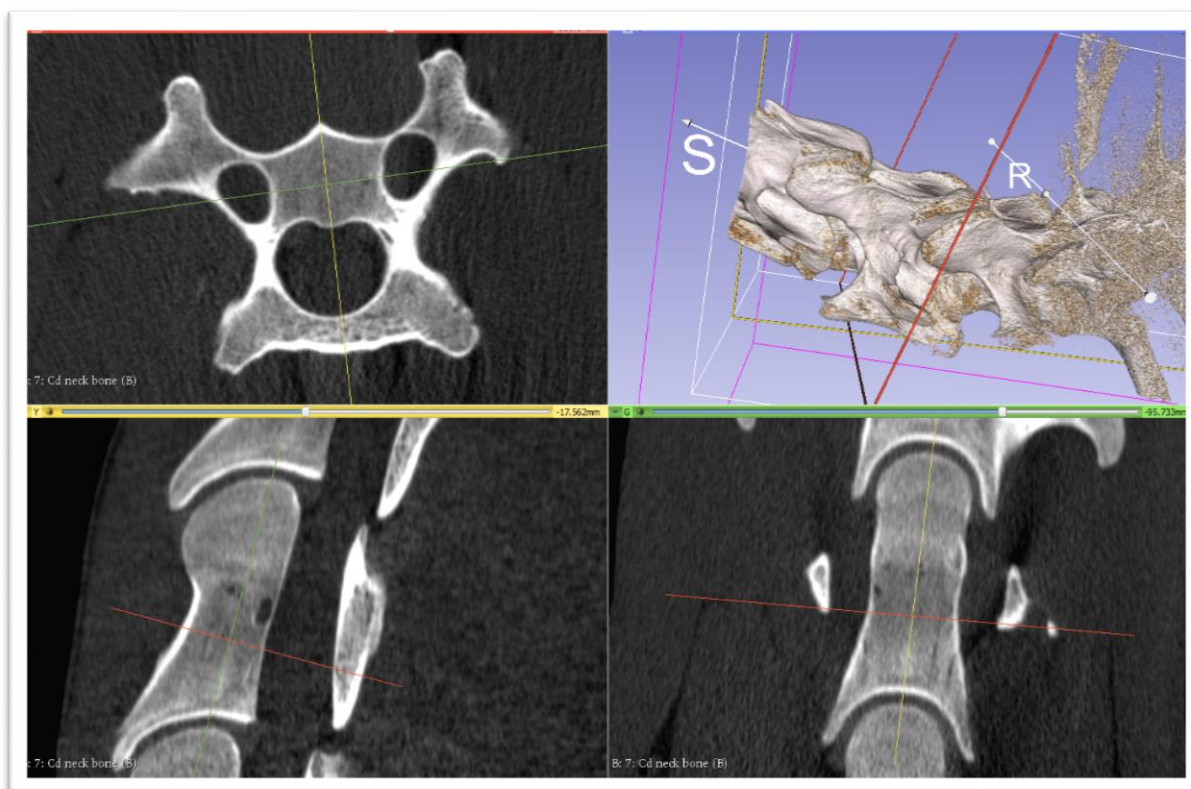
Figur 7. Övergången C6-C7, Exempel på de mått som användes i studien av Hahn *et al.* (2008). Hahn *et al.* utvärderade inte bara intravertebrala mått utan även intervertebrala.

Metoden har senare utvärderats utifrån hur konsekvent mätningarna utförs, både mellan mätningar gjorda av samma observatör (intraobserver) och mellan mätningar gjorda av olika observatörer (interobserver). Scrivani *et al.* (2011) utvärderade mätningar på C3-4 respektive C6-7 och konstaterade att mätningarna varierar 5-10% både när samma observatör gör mätningar och när olika observatörer gör dem. Hughes *et al.* (2014) utvärderade hela kotpelaren, från C2 till C7, och visar ett medianvärde på  $\leq 5,7\%$  skillnad mellan olika observatörer. Båda författarna menar att variationerna i mätningar både hos samma observatör och mellan observatörer kan påverka resultatet varför klinikern bör vara medveten om det och kompensera för det i sin bedömning.

### **Datortomografi**

Datortomografi är en bilddiagnostisk teknik där ett stort antal röntgenskikt genereras i axialsnittet längs med en kropp som förflyttas genom detektorn vilken oftast är torusformad (Schwarz & Saunders, 2011). Röntgenröret roterar runt i torusen och de genererade röntgenstrålarna träffar detektorer som antingen sitter runt om hela torusen eller roterar runt på motsatt sida från röntgenröret. Detektorn är uppdelad i en matrix där de olika punkterna i detektorns matrix registrerar olika värden beroende på typ och mängd av vävnad som strålningen måste passera. En dator räknar sedan om den registrerade informationen till bilder i flera skikt vilka sammanfogas till en tomografisk bildserie. De stora fördelarna med detta är att en kropp kan undersökas snitt för snitt i alla tre dimensioner (se figur 8), summationer elimineras och ett större kontrastförhållande erhålls jämfört med konventionell röntgen vilket leder till att anatomiska strukturer lättare kan urskiljas. Tekniken begränsas dock fortfarande av att strukturer med liknande täthet blir svåra att särskilja från varandra, till exempel mjukdelsvävnaden i kotkanalen. Även här kan man kompensera för detta med hjälp av myelografi. Till exempel undersökte Claridge *et al.* (2010) facettledernas utsträckning och hur de förhåller sig till kotkanalen genom att spruta in kontrastlösning i ledfickorna och sedan göra en DT-undersökning på halskotpelaren.





Figur 8. C6, Informationen från datortomografiundersökningen visualiseras här i så kallat "3D-MPR" (multi-planar reconstruction) läge där strukturer utifrån multipla transversella snitt kan rekonstrueras i andra snitt, i det här fallet i sagittal och koronalsnitt.. I övre högra hörnet ses också en tredimensionell rekonstruktion av snitten.

Datortomografer är, jämfört med konventionell röntgenutrustning, dyra maskiner vilket än så länge innebär en begränsning för utbredningen på veterinärsidan. Vidare har den vikt bärande förmågan hos det bord som patienten ligger på samt storleken på "gantry's" öppning (se Figur 10) länge varit begränsande för användandet på större djur. Man har tidigare bara kunnat undersöka den kraniala halsryggen (C1-C4) på levande häst och för att undersöka hela halskotpelaren så har hästen avlivats och halsen fripreparerats för att få plats i gantryt (Moore *et al.*, 1992). Men med större maskiner och nya metoder så kan även den kaudala halsryggen (C5-T1) undersökas på levande häst. En av de tekniker som används idag för att kunna undersöka djur som är för stora och tunga för bordet är att låta dem ligga på ett externt bord som håller för vikten och som rör sig tillsammans med datortomografens bord. Hästen placeras i sidläge på det externa bordet, parallellt med datortomografens bord, och nacke och huvud, som sträcks ut i datortomografens längdaxel, har stöd av en skiva i plast som sticker ut utanför det större bordet så att passage in genom detektorn tillåts. Frambenen fixeras på ett sådant sätt att bogbladen dras bak för att ytterligare underlätta undersökningen. Detta möjliggör att hästar upp till ca 700 kg kan undersökas ner till en nivå av T1.

Veraa *et al.* (2016) undersökte halskotpelaren från 78 hästar postmortem med datortomografi och beskrev variationer i kotorna för att skapa ett underlag för kliniker. Den vanligaste förändringen de såg (26 av hästarna) var en transposition av den kaudala delen av processus



transversus från C6 till C7. Författarna belyser vikten av fortsatta studier med större underlag där man jämför med andra bilddiagnostiska metoder så som röntgen och ultraljud.

### ***Magnetresonanstomografi***

Magnetresonanstomografi är en teknik där olika typer av magneter används för att polarisera laddade molekyler i vävnad, störa deras naturliga spinn och detektera signaler från när de återgår i sitt ursprungsläge i magneten och på så sätt skapa en tomografisk bild av vävnaden (Thrall, 2013). Denna teknik är mycket bra för att undersöka mjukdelsvävnad med, tack vare dess stora kontrastomfång, vilket gör att ryggmärgen kan undersökas. Undersökningar med denna teknik hindras även de av att utrustningen oftast är för liten för att den kaudala delen av hästens hals ska kunna undersökas.

Studier har gjorts på fripreparerade halskotpelare där den faktiska platsen för en stenosis kunnat förutsägas med större säkerhet än med MSD, med nya mått i form av kotkanalens area, ryggmärgens area samt en kvot av ryggmärgens area mot kotkanalens area (Mitchell *et al.*, 2012; Janes *et al.*, 2014).

## **MATERIAL OCH METODER**

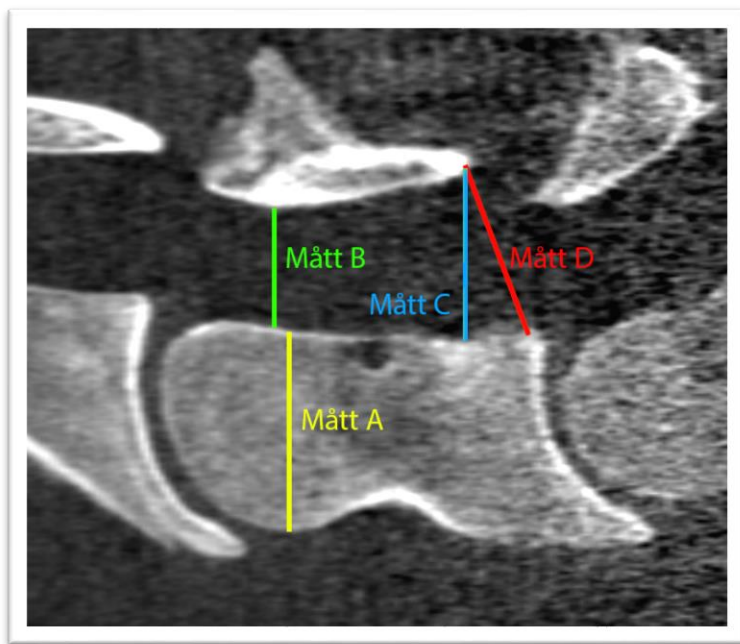
För båda delstudierna definierades fyra mått, A-D. Mått A och B (se Figur 9) definierades baserat på metoden beskriven Hahn *et al.* (2008). Mått C och D definierades efter delstudie ett.

**Mått A** mättes över den tjockaste delen av kotkroppens kraniala epifys, vinkelrätt mot kotkanalens ventrala begränsning.

**Mått B** mättes i kotkanalens smalaste del, vinkelrätt mot kotkanalens ventrala begränsning.

**Mått C** mättes vinkelrätt mot kotkanalens ventrala begränsning, så kaudalt som möjligt, där den tilltänkta linjen som måttet utgör fortfarande har kontakt med kotkanalens dorsala avgränsning.

**Mått D** mättes från kotkroppens mest kaudala punkt till mätpunkten på kotbågen för mått C. Detta mått kan alltså ha en vinkelsumma som inte är 90° mot den tänkta linje som utgörs av kotkanalens ventrala begränsning.



Figur 9. C7 - De fyra måtten, A-D, för beskrivning se paragrafen innan figuren.

## Delstudie ett

### Material

I delstudie ett användes bildmaterial och anatomiskt material från en, i undervisningssyfte, avlivad häst (<2 årig shetlandspönnny, sto, se figur 10).



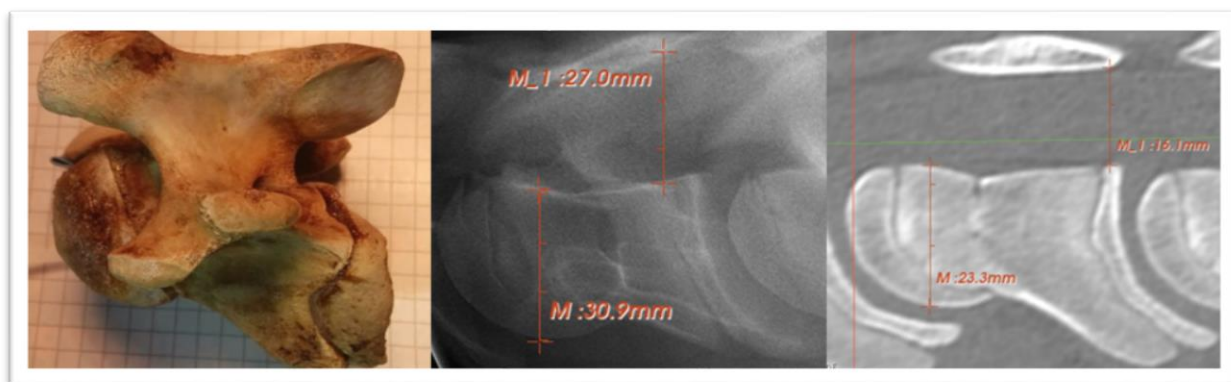
Figur 10. Shetlandspönnny i rygggläge i datortomografen. Bordet håller för ca 300 kg och öppningen är 78cm i diameter vilket begränsar vilka djur som fysiskt får plats i maskinen.

## Metod

Hästens hals röntgades kota för kota i sidläge, med röntgenröret centrerat rakt lateralt över varje kota för att få optimal vinkel och därmed minska distorsionsartefakter. Hästens nacke undersöktes sedan, i rygggläge (se figur 10), med 64-snitts datortomografi (Somatom Definition AS, Siemens Medical Systems, Erlangen, Tyskland). Inställningar som användes vid undersökningen var 400 mAs, 120 kV. Snittjocklek som användes var 1 mm, snittinkrement 0,6 mm, fokalpunkt 1,2 mm och benvävnadsalgoritm (B70f).

Halskotorna fridissekerades och kokades rena för att sedan torkas. Epifyserna lossnade under torkningsprocessen och limmades tillbaka med tvåkomponentslim (Loctite, ”Power Epoxy Universal 5’ ”).

Två mått, A och C (se figur 9), gjordes på kotorna C3-C7. Dels med ett fysiskt skjutmått (Digitalt skjutmått, 0,01 mm upplösning,  $\pm 0,02$  mm avvikelse) på de fridissekerade halskotorna C3-C7, dels med ett virtuellt skjutmått i mjukvara (*3D Slicer 4.6.2*) på röntgen- och DT-bilder (se figur 11).



Figur 11. Exempel på fysisk kota, röntgen och datortomografibilder från delstudie ett. M - Mått A, M\_1 - Mått C. Det är inte samma kota som visas i figuren.

## Analys

Från de två måtten beräknas en kvot (mått C/mått A) varpå de olika mätmetoderna kan jämföras med varandra.

## Delstudie två - Bildmaterial från patienthästar

### Material

Bilddiagnostiska undersökningar från sex hästar erhöles från ett privat djursjukhus. Urvalet gjordes av deras personal, retroaktivt från deras bildarkiv, med kriteriet att fullständig röntgenundersökning samt datortomografisk (DT) undersökning, med och utan kontrastmedel, fanns. En av individerna (Häst 1) saknade data för en kota (C6) på röntgen samt hade endast datortomografisk undersökning med kontrastmedel.

Tabell 1. Förteckning över ingående hästar

	Ålder	Ras	Kön
Häst 1	11	Varmblod	Hingst
Häst 2	9	Varmblod	Valack
Häst 3	5	Fullblod	Hingst
Häst 4	Okänt	Okänt	Okänt
Häst 5	5	Varmblod	Märr
Häst 6	1,5	Varmblod	Hingst

För studien indexerades materialet och för varje kota valdes de bilder som hade bäst kvalitet ut. För röntgen valdes de rakt laterala med god kontrast och för DT undersökningar utan kontrastmedel (Undantaget Häst 1 då DT utan myelografi saknades) där benfilter var applicerat.

### Metod

Mätningarna gjordes med virtuellt skjutmått i mjukvara på röntgen- och DT-bilder och upprepades en gång per dag under tre på varandra följande dagar.

Samtliga mätningar på det digitala bildmaterialet har gjorts med mjukvaran "3D Slicer", se figur 12. Mätningarna på DT-datan gjordes i 3D Slicer 4.6.2 (3D Slicer 4.6.2) i mittsagittalsnittet (se figur 8) och mätningarna på röntgenbilderna gjordes med en nyare version av samma mjukvara (3D Slicer 4.7.0-2016-11-28).



Figur 12. Exempel på de mätningar som gjordes, röntgen respektive datortomografi.

### Analys

Måtten räknades också om till kvoter där mått B, C och D dividerades var för sig med mått A. Kvoterna benämns sedan utifrån täljaren i respektive uträkning, Kvot B, C och D.

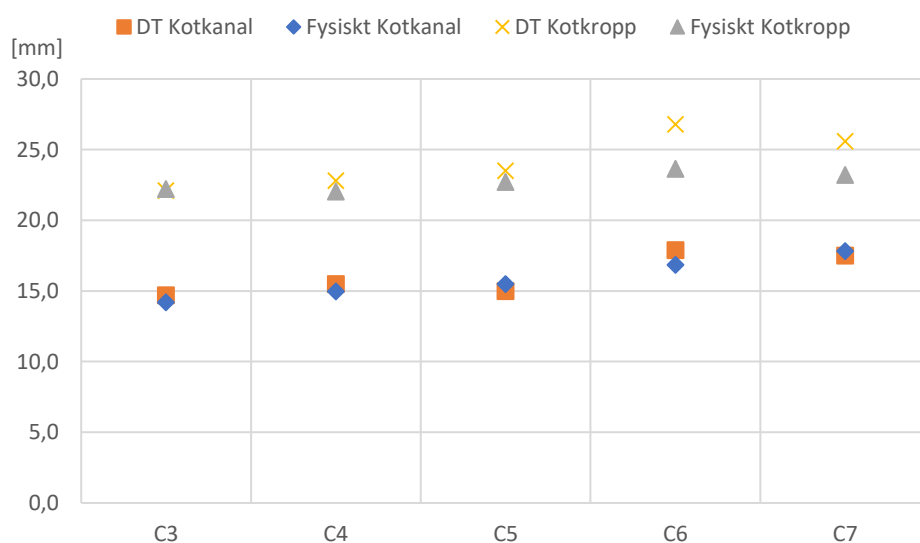
Datan grupperades efter kota, dag och mått [total n = (3 kotor)(3 dagar)(4 mått) = 36] eller kota, dag och kvot [total n = (3 kotor)(3 dagar)(3 kvoter) = 27] och den visualiserades i form av boxplots (lådadiagram). Deskriptiv statistik beräknades. Normalfördelningen undersöktes med Anderson-Darling-test ( $P < 0,089$ , Minitab 17) varefter ett parvis T-test ( $P < 0,05$ , IBM SPSS 23)

kunde utföras där röntgenkvoterna jämfördes mot DT-kvoterna. Vidare beräknades även Intra Class Correlation ("Two-way mixed, Absolute agreement", IBM SPSS 23) för att kontrollera om mätpersonen är konsekvent i sina mätningar där resultaten av respektive mått (A-D) jämfördes mellan de tre dagarna (Ex: Mått A på kota 5 jämförs Dag 1-3).

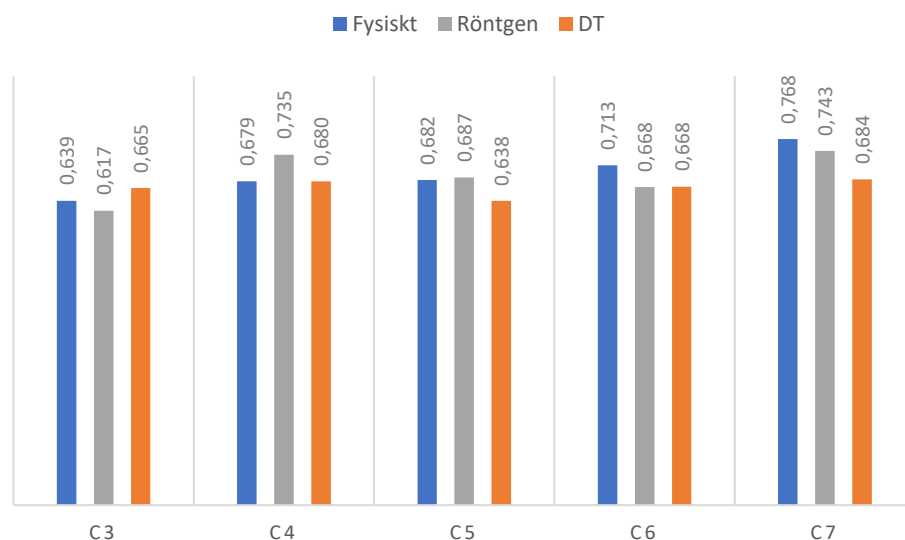
## RESULTAT

### Delstudie ett

Resultatet från en häst visade att de virtuella måtten (Röntgen & DT) stämmer bra överens med de fysiska måtten.



Figur 13. Diagrammet visar de fysiska måtten samt datortomografi-måtten i [mm].

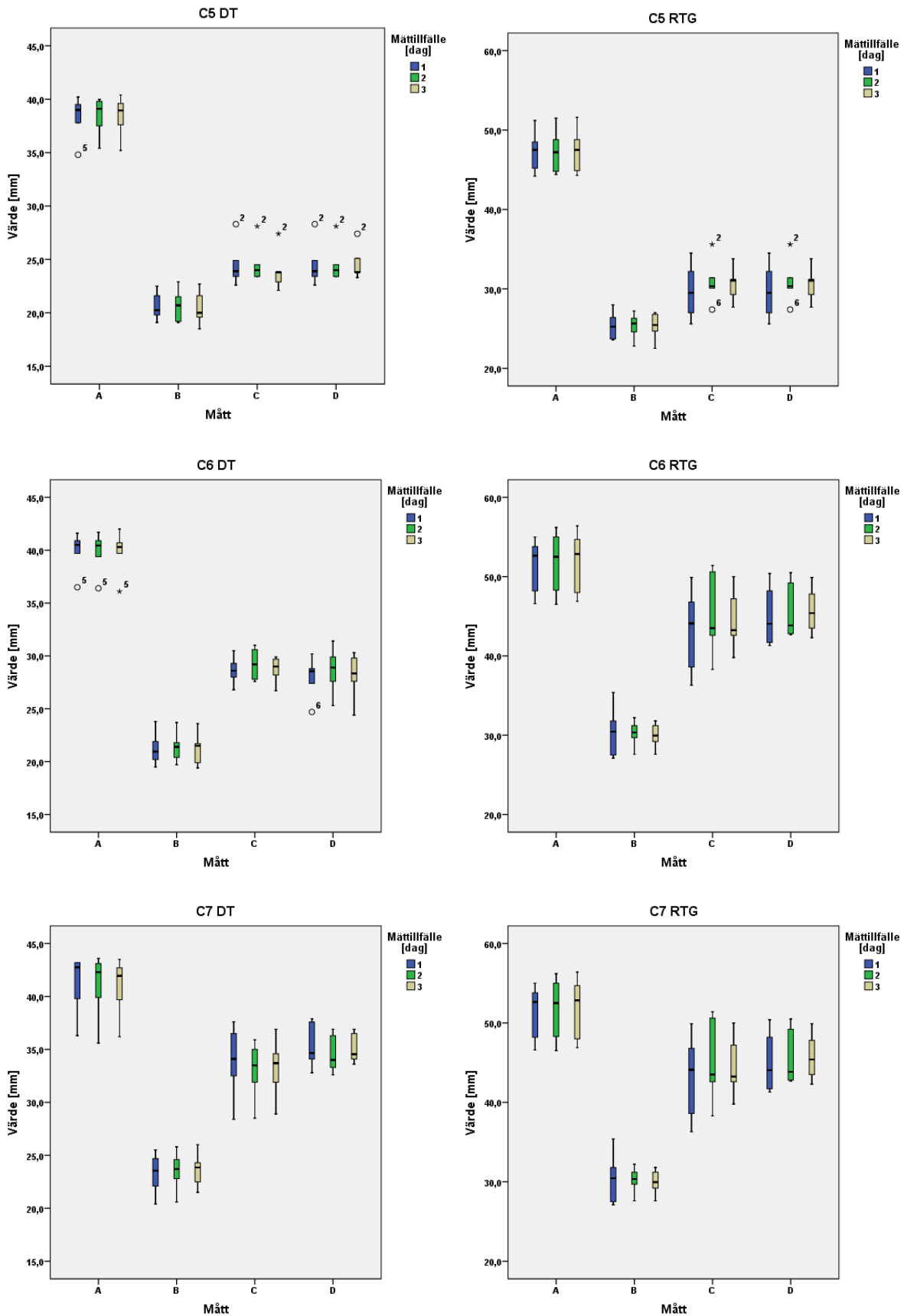


Figur 14. Diagrammet visar kvoterna för mätmetoderna (fysiskt, röntgen och datortomografi) på respektive kota (C3-C7).

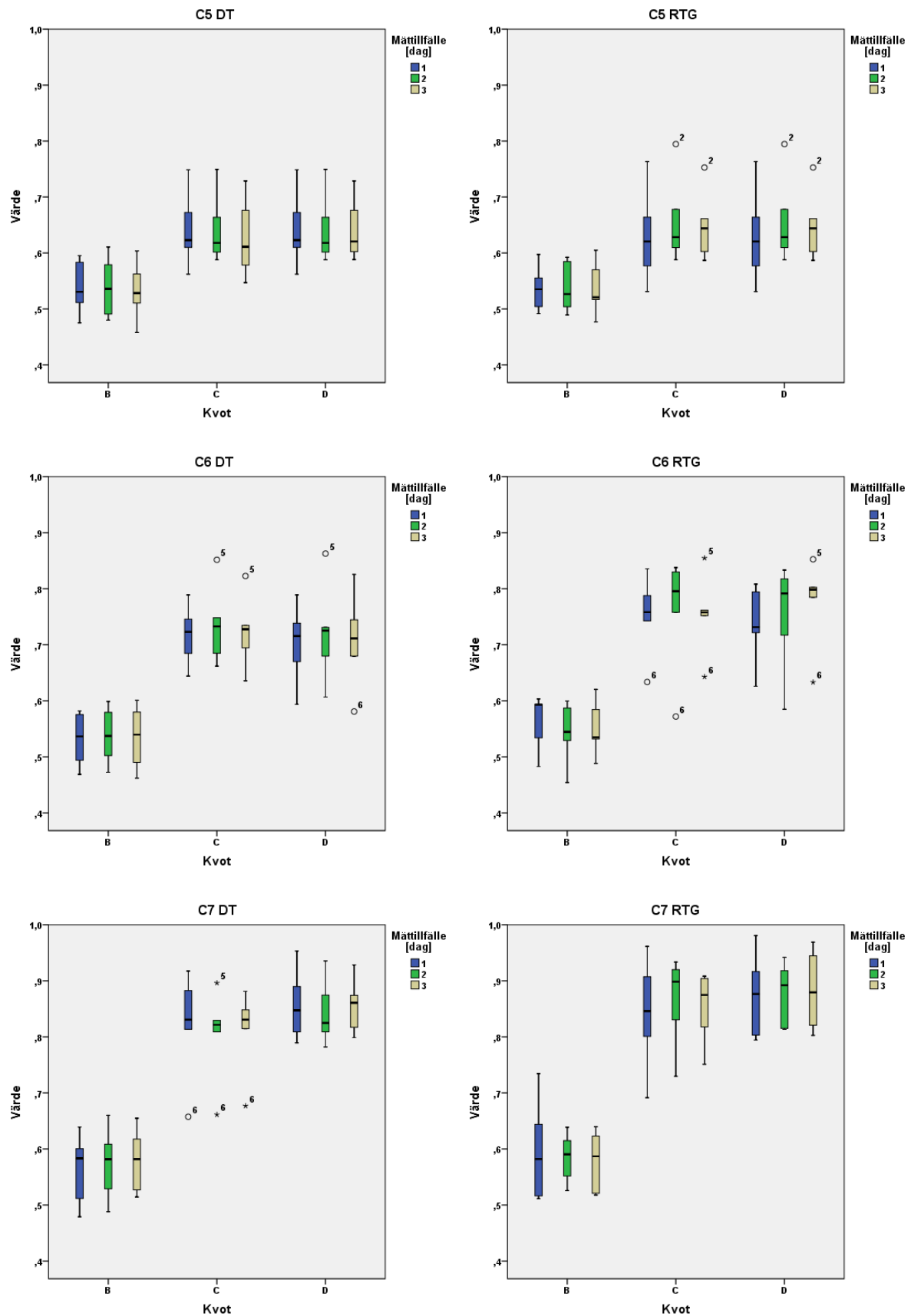
## **Delstudie två**

Den deskriptiva statistiken visade inga outliers. Anderson-Darling-testet visade ingen signifikant skillnad mellan data och normalfördelningskurva i 24 av 27 fall. De parade T-testen visade ingen signifikant skillnad mellan röntgen och datortomografi för alla kotor, dagar och kvoter med undantag för: Kota 5, Dag 3, Kvot C; Kota 6, Dag 3, Kvot C & D; Kota 7, Dag 2 & 3, Kvot C. "Intra class correlation"-testet visade mycket god intern validitet;  $\geq 0,990$ .

Måtten A-D (Figur 15-20) och kvoterna B-D (Figur 21-26) visualiseras här med boxplots. Varje rad av diagram representerar värdena för DT respektive röntgen (SR) för måtten respektive kvoterna på en kota (C5-C7).



Figur 15-20. Mått på kotor. X-axeln representerar de olika måtten (A-D). Y-axeln representerar måttens värde i [mm]. Varje kluster representerar de tre mätillfällena. Siffrorna bredvid cirklar och asterisker representerar individer definierade som outliers av programmet (IBM SPSS 23).



Figur 21-26. Beräknade kvoter. X-axeln representerar kvoterna B-D. Y-axeln är värdet av kvoterna. Varje kluster representerar de tre måttillfällena. Siffrorna bredvid cirklar och asterisker representerar individer definierade som outliers av programmet (IBM SPSS 23).



## DISKUSSION

I takt med att datortomografi används mer inom veterinärmedicinen och att tekniken utvecklas skapas en stor möjlighet till utökad och förbättrad bilddiagnostik jämfört med konventionell röntgen. Detta tack vare att patienten undersöks snitt för snitt vilket kan rekonstrueras i alla tre dimensioner, summationer minimeras och ett större kontrastförhållande erhålls vilket leder till att anatomiska strukturer lättare kan urskiljas. Nyligen har större datortomografer samt anpassad mätmetod möjliggjort undersökningar av den kaudala delen av halsryggen även på större hästar (>700kg).

Datortomografi- och magnetresonanstomografi-undersökningar (DT, MRT) har gett en ökad topografisk överblick (Veraa *et al.*, 2016) vilket gett tillgång till nya, känsligare diagnostiska metoder. Till exempel visade Janes *et al.* (2014) med hjälp av MRT-undersökningar att kotkanalens area och kvoten av måtten för ryggmärgens area mot kotkanalens area med större säkerhet kan förutsäga platsen för en stenosis jämfört med den idag vedertagna metoden med minsta sagittala diameter ratio (MSR) (Hahn *et al.*, 2008).

Syftet med aktuell studie är att utvärdera om de resultat som fås när man mäter och beräknar MSR stämmer överens mellan röntgen och datortomografi.

### **Delstudie ett**

Delstudie ett var en mindre pilotstudie med material från en shetlandspöny. Den utvärderade om mätningarna i delstudie två skulle gå att genomföra samt även om de mått och kvoter som görs bilddiagnostiskt stämmer överens med den fysiska verkligheten. Resultatet i delstudie ett visade att kvoterna för de mått som gjordes på fysiska kotkroppar samt på röntgen och datortomografi (DT) överensstämmer med varandra.

Måtten som valdes var diametern på kotans kraniala epifys och den mest kaudala delen av kotkanalen. Detta på grund av att det fysiska skjutmålet inte kunde mätas tillräckligt långt in i kotkanalen för att mäta minsta sagittala diametern (MSD). Samtliga mätningar gjordes i det midsagittala snittet då det är detta som närmast motsvaras av de röntgenbilder som används idag.

Då mätningarna i delstudie ett är gjorda på ett litet material så valdes att inte göra annat än deskriptiv statistik, och vid en visuell bedömning så antas måtten till stor del överensstämma. Måtten för kotkropparna på C6 och C7 har en sämre överensstämmelse vilket kan bero på att den kraniala epifysen, när den limmades fast, inte riktigt sitter på det sätt den satt innan kotan kokades och torkades.

Kvoterna stämmer väl överens mellan registreringar på den fridissekerade halskotpelaren och bildmaterialet. Nämnvärt är att det går att urskilja en trend hos de fysiska måttens kvot, som ökar för varje koda kaudalt, men som inte återfinns hos kvoterna för röntgen och DT. Detta är endast en observation och inga statistiska beräkningar har gjorts. Det kan dock vara intressant att undersöka med ett större material.

### **Delstudie två**

I delstudie två jämfördes två bilddiagnostiska tekniker, röntgen och datortomografi (DT), med varandra med avseende på mått i sagittalsnittet på halskotor. Resultatet visade på god överensstämmelse mellan teknikerna och en mycket god intern reliabilitet uppnåddes under mätningarna.

Med delstudie ett som underlag konstruerades ett studieprotokoll där minsta sagittala diameter ration (MSR) jämförs mellan de två teknikerna (röntgen och DT). Sex hästar ingick i studien.

I studien undersöktes kotorna C5-C7 då det är den kaudala delen av halsen som tidigare varit begränsande vid DT-undersökningar. Den kaudala halsen är dock fortfarande svårare att undersöka då den större mängden vävnad påverkar både röntgen- och DT-undersökningar. På grund av den lilla mängden data (sex individer, tre kotor, tre dagar, fyra mått/tre kvoter) så grupperades resultaten efter kota, dag och mått respektive kota, dag och kvot. Detta skapade många, små grupper och blev på så vis ett robusthetstest för att eventuella outliers skulle ha en mindre påverkan på resultatet. De statistiska beräkningarna utfördes på totalt 27 grupper, där en grupp bestod av sex individer där en kvot (ex kvot B) från en kota (ex C5) under en dag (ex dag 2) undersöktes.

Fyra mått valdes ut, mått A och B valdes i enlighet med MSD och baserat på studien av Hahn *et al.* (2008). Mått C valdes för att kunna jämföra med delstudie ett. När mätningarna i delstudie ett gjordes noterades det att kotkroppen ibland stack ut längre kaudalt än kotbågens slut (se figur 6; röntgenbilden, respektive figur 7) och slutade i en upphöjning varför även mått D inkluderades för att undersöka dels hur det påverkade kvoten samt även om det gick att se en trend för utseendet hos de olika kotorna. Vid kompressioner intervertebralt är det mellan kotorna som ryggmärgen kläms och då är området för mått C och D relevant.

Mätresultaten och deras beräknade kvoter visualiserades med boxplots för att kunna observera eventuella trender. "Intra class correlation" värdet ( $\geq 0,99$ ) visar att mätningarna har mycket god intern reliabilitet mellan dagarna och ingen tydlig trend till förbättring eller försämring ses mellan dagarna. De parade T-testen ( $P < 0,05$ ) visade ingen signifikant skillnad mellan röntgen och datortomografi för alla kotor, dagar och kvoter med undantag för fem grupper (Kota 5, Dag 3, Kvot C; Kota 6, Dag 3, Kvot C & D; Kota 7, Dag 2 & 3, Kvot C). I de fall där nollhypotesen kunde förkastas var bara kvot C och D representerade. Detta kan tyda på en skillnad mellan mätningar gjorda med de två bilddiagnostiska teknikerna, dels i den mest kaudala delen av halsryggen där mängden vävnad som summeras är större, dels kaudalt på kotan där facettlederna summeras över mätområdet. Viktigt att komma ihåg är att underlaget är litet varför inga definitiva slutsatser kan dras och mycket små förändringar kan få stor påverkan på resultatet. Spridningen av röntgenmått C på C6 och C7 ser större ut än motsvarande DT-mått, detta över alla tre dagarna. Detta kan förklaras av att mängden vävnad är större vid de mest kaudala kotorna varpå summationerna blir större och det är svårare att urskilja de punkter som måtten utgår ifrån. Detta upplevdes också av mätpersonen som ett problem då både den dorsala och ventrala avgränsningen i kotkanalen var svåra att definiera vid mått C.

Som Janes *et al.* (2014) observerat så behöver inte punkten för MSD vara kotkanalens minsta plats. I den här studien observerade vid flertalet mätningar att kotkanalens totala area var mindre

kaudalt om MSD. Trots att den sagittala diametern var större så var den koronala diametern mindre vilket påverkar den totala arean.

Trots att DT tillåter exakta, skalenliga mätningar så är fortfarande kvoter viktiga för att kunna jämföra kotor inom samma individ och mellan individer av olika ras, kön och storlek. Från kvoterna på DT för C6-C7 (och röntgen C6) ses att en individ (Häst 6) ligger under det av Hahn *et al.* (2008) definierade gränsvärdet ( $<0,485$ ) som innebär ökad risk för stenosis. Kvoterna varierar mellan DT och röntgen vilket kan bero på den lägre precisionen hos röntgen. På röntgenbilderna har kvoterna C respektive D på C6-C7, större spridning än motsvarande kvoter på DT, vilket sannolikt beror på den ökade spridningen på de mått (C respektive D) som kvoterna baseras på.

På C7 är mått D generellt sett lite större än motsvarande mått C vilket indikerar att kotkroppen slutar längre kaudalt jämfört med kotbågen. Om vi dessutom utgår ifrån att den slutar i den uppåt lutande sluttning som observerats så kan den kaudala utsträckningen vara ännu större varför en för mått D tillhörande vinkelsumma, kan vara lämplig att ta med om försöket görs om. Dock är dynamiska stenoser vanligast vid C3-C4 respektive C4-C5, där rörlighetsuttaget är större än i C7, och statiska stenoser är vanligast mellan C5-C6 och C6-C7 (Powers *et al.*, 1986; Nout & Reed, 2003) varför relevansen för C7:s kaudala morfologi kan diskuteras.

Då underlaget för studien var i underkant så bör försöken göras om med ett större underlag. Då kan man även inkludera de kraniala halskotorna, C2-4, för att se hur mängden vävnad påverkar mätresultaten för röntgen och DT. Man bör även inkludera intervertebralmåtten, både för att utvärdera om röntgen och DT ger liknande resultat även intervertebralt, men också då DT ger en topografisk överblick över området mellan kotorna vilket kan vara av stort intresse att undersöka och kvantifiera i de fall stenosis föreligger i dessa områden. Slutligen så bör också fler observatörer inkluderas för att utvärdera om de skillnader som ses mellan observatörer på röntgenmaterial (Scrivani *et al.*, 2011; Hughes *et al.*, 2014) även återfinns vid mätningar gjorda på DT-material. Det är möjligt att en observatör med större erfarenhet av radiologi kan bedöma utgångspunkterna för mått C på ett bättre sätt och därmed minska skillnaden mellan röntgen och DT.

Janes *et al.* (2014) visar hur MRT möjliggör nya mått som bättre kan förutsäga lokaliseringen av en stenosis jämfört med konventionella metoder. Till exempel en kvot av ryggmärgens area dividerad med kotkanalens area. Det bör utredas om samma sak kan göras med en DT-myelografi. Även enklare mätningar kan göras för att kvantifiera kotor, kotkanal och leder. För kotorna kan till exempel ett mått på kotkroppens storlek och volym i förhållande till kotbågens storlek vara av värde och för kotkanalen kan till exempel area, volym och utformning kvantifieras. Även själva morfologin för kotan är viktig, vilket Veraa *et al.* (2016) visar i deras studie om de anatomiska variationerna på halskotorna. Då dessa variationer är vanliga menar Veraa *et al.* (2016) att det är av stort kliniskt värde att kartlägga dessa variationer för att underlätta för såväl kliniker som forskare. Claridge *et al.* (2010) som undersökt facettledernas mediala ledfickor såg ingenting som tydde på att en eventuell förstoring av facettledernas ledfickor av sig själva skulle kunna orsaka en stenosis men menar att tillsammans med andra morfologiska förändringar så kan det påverka ryggmärgen.

Värdet av tredimensionell information och förståelse kan med andra ord inte överskattas. Datorkraften ökar ständigt och i kombination med förfinad diagnostisk utrustning så kommer till exempel en analys och kvantifiering av kotpelaren att kunna automatiseras vilket tillåter forskaren och klinikern att fokusera på att tolka informationen och dra slutsatser.

## **KONKLUSION**

Resultaten som erhöles från denna studie indikerar att vid bedömning av kotkanalens minsta diameter i förhållande till tjockleken av kotkroppens kraniala epikondyl, i sagittalsnittet, finns ingen signifikant skillnad mellan röntgen och datortomografi. Mängden data i studien var dock liten varför ytterligare studier behövs.

## **TACK TILL**

Tack till Caspar Lindegaard, Celina Lindgren och alla andra vid Evidensia Specialistdjursjukhuset i Helsingborg som delat med sig av data till detta examensarbete. Tack till Sören Johansson för hjälp med att preparera det anatomiska materialet och till Marita Blom för hjälpen med de radiologiska undersökningarna. Tack till Elias och Johannes Wennberg för hjälp med statistiken. Slutligen vill jag även tacka mina handledare Anna Bergh och Kerstin Hansson för bra råd, kloka åsikter och knuffar i rätt riktning.

## REFERENSER

- 3D Slicer 4.6.2 [online]. Available from: <http://www.slicer.org/>.
- 3D Slicer 4.7.0-2016-11-28 [online]. Available from: <http://www.slicer.org/>.
- Budras, K.-D., Sack, W. O. & Rock, S. (2003). *Anatomy of the horse: an illustrated text*. Schlütersche.
- Claridge, H. A. H., Piercy, R. J., Parry, A. & Weller, R. (2010). The 3D anatomy of the cervical articular process joints in the horse and their topographical relationship to the spinal cord: 3D anatomy of the cervical facet joints. *Equine Veterinary Journal*, 42(8), pp 726–731.
- Down, S. S. & Henson, F. M. D. (2009). Radiographic retrospective study of the caudal cervical articular process joints in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 41(6), pp 518–524.
- Dyce, K. M., Sack, W. O. & Wensing, C. J. G. (2009). *Textbook of Veterinary Anatomy*. Elsevier Health Sciences.
- Hahn, C. N., Handel, I., Green, S. L., Bronsvort, M. B. & Mayhew, I. G. (2008). Assessment of the utility of using intra-and intervertebral minimum sagittal diameter ratios in the diagnosis of cervical vertebral malformation in horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49(1), pp 1–6.
- Hughes, K. j., Laidlaw, E. h., Reed, S. m., Keen, J., Abbott, J. b., Trevail, T., Hammond, G., Parkin, T. d. h. & Love, S. (2014). Repeatability and intra- and inter-observer agreement of cervical vertebral sagittal diameter ratios in horses with neurological disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 28(6), pp 1860–1870.
- Janes, J. G., Garrett, K. S., McQuerry, K. J., Pease, A. P., Williams, N. M., Reed, S. M. & MacLeod, J. N. (2014). Comparison of magnetic resonance imaging with standing cervical radiographs for evaluation of vertebral canal stenosis in equine cervical stenotic myelopathy: Comparison of MRI with radiographs for vertebral canal stenosis evaluation. *Equine Veterinary Journal*, 46(6), pp 681–686.
- de Lahunta, A. & Glass, E. (2009). Chapter 11 - Large animal spinal cord disease. *Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology (Third Edition)*. pp 285–318. Saint Louis: W.B. Saunders. ISBN 978-0-7216-6706-5.
- Mayhew, I. G., Donawick, W. J., Green, S. L., Galligan, D. T., Stanley, E. K. & Osborne, J. (1993). Diagnosis and prediction of cervical vertebral malformation in Thoroughbred foals based on semi-quantitative radiographic indicators. *Equine Veterinary Journal*, 25(5), pp 435–440.
- Mitchell, C. W., Nykamp, S. G., Foster, R., Cruz, R. & Montieth, G. (2012). The use of magnetic resonance imaging in evaluating horses with spinal ataxia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 53(6), pp 613–620.
- Moore, B. R., Holbrook, T. C., Stefanacci, J. D., Reed, S. M., Tate, L. P. & Menard, M. C. (1992). Contrast-enhanced computed tomography and myelography in six horses with cervical stenotic myelopathy. *Equine Veterinary Journal*, 24(3), pp 197–202.
- Nout, Y. S. & Reed, S. M. (2003). Cervical vertebral stenotic myelopathy. *Equine Veterinary Education*, 15(4), pp 212–223.
- Papageorges, M., Gavin, P. R., Sande, R. D., Barbee, D. D. & Grant, B. D. (1987). Radiographic and myelographic examination of the cervical vertebral column in 306 ataxic horses. *Veterinary Radiology*, 28(2), pp 53–59.
- Pavlov, H., Torg, J. S., Robie, B. & Jahre, C. (1987). Cervical spinal stenosis: determination with vertebral body ratio method. *Radiology*, 164(3), pp 771–775.
- Powers, B. E., Stashak, T. S., Nixon, A. J., Yovich, J. V. & Norrdin, R. W. (1986). Pathology of the vertebral column of horses with cervical static stenosis. *Veterinary Pathology*, 23(4), pp 392–399.
- Scheven, C. von (2010). *The Anatomy and Function of the Equine Thoracolumbar Longissimus dorsi Muscle*. Diss. Ludwig-Maximilians-Universität München. Tillgänglig: <https://edoc.ub.uni-muenchen.de/12178/> [2017-02-01].

- Schwarz, T. & Saunders, J. (2011). *Veterinary Computed Tomography*. John Wiley & Sons.
- Scrivani, P. V., Levine, J. M., Holmes, N. L., Furr, M., Divers, T. J. & Cohen, N. D. (2011). Observer agreement study of cervical-vertebral ratios in horses. *Equine Veterinary Journal*, 43(4), pp 399–403.
- Thrall, D. E. (2013). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. Elsevier Health Sciences.
- Veraa, S., Bergmann, W., van den Belt, A.-J., Wijnberg, I. & Back, W. (2016). Ex vivo computed tomographic evaluation of morphology variations in equine cervical vertebrae: Equine cervical spine morphology variations. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(5), pp 482–488.